

ANGULAR VELOCITY DETECTOR

Publication number: JP10103960 (A)

Publication date: 1998-04-24

Inventor(s): KOBAYASHI SHINJI

Applicant(s): MURATA MANUFACTURING CO

Classification:

- International: G01C19/56; G01P8/04; G01P21/00; G01C19/56; G01P9/04; G01P21/00; (IPC1-7): G01C19/56; G01P9/04; G01P21/00

- European: G01C19/56G1

Application number: JP19960274025 19960925

Priority number(s): JP19960274025 19960925

Also published as:

JP3609501 (B2)

EP0833127 (A1)

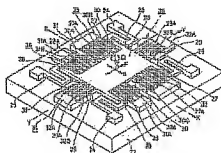
US5969225 (A)

DE69704408 (T2)

Abstract of JP 10103960 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance detection sensitivity of angular velocity in an angular velocity detector by providing a corrective vibration generating means for correctively vibrating a vibrator in the direction of detection axis to restrict leaked vibration generated in the direction of the detection axis when no angular velocity is applied.

SOLUTION: Vibration generating sections 33 and 33 and displacement detecting sections 34 and 34 are respectively arranged on the left and right of a vibrator 26 while corrective vibration generating sections 35 and 35 are arranged longitudinally. In a state where the vibrator 26 is caused to vibrate as indicated by the arrow (a) in the direction of X axis as axis of vibration, leaked vibration in the direction of the Y axis as detection axis as generated when no angular velocity Ω is applied about an axis to be detected is canceled by a corrective vibration generated by the corrective vibration generating section 35. This lowers the leaked vibration working on the vibrator 26 thereby achieving accurate detection of angular velocity Ω.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-103960

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51) Int.Cl.⁸ 識別記号
 G 0 1 C 19/56
 G 0 1 P 9/04
 21/00

F I
 G 0 1 C 19/56
 G 0 1 P 9/04
 21/00

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-274025

(22) 出願日 平成 8 年(1996) 9月25日

(71) 出願人 000008231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目28番10号

(72) 発明者 小林 真司

京都府長岡京市天神二丁目28番10号 株式

会社村田製作所内

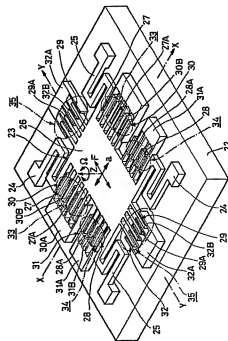
(74) 代理人 弁理士 広瀬 和彦

(54) 【発明の名称】 角速度検出装置

(57) 【要約】

【課題】 角速度検出装置において、振動体を検出軸方向に補正振動させる補正振動発生手段を設け、角速度が加わっていないときに検出軸方向に発生する漏れ振動を抑え、角速度の検出感度を高める。

【解決手段】 振動体26の左、右には振動発生部33、33と変位検出部34、34を設けると共に、前、後には補正振動発生部35、35を設ける。そして、振動体26を振動軸となるX軸方向に矢示aで振動させた状態で被検出軸周りに角速度Ωが加わっていないときに発生する検出軸となるY軸方向の漏れ振動を、各補正振動発生部35によって発生する補正振動によって相殺する。これにより、振動体26に加わる漏れ振動を低減し、角速度Ωを正確に検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に設けられ、互いに直交する振動軸と検出軸との2軸方向に変位可能な振動体と、駆動信号を印加することにより該振動体を振動軸方向に振動させる振動発生手段と、該振動発生手段によって前記振動体を振動軸方向に振動させた状態で、前記振動軸と検出軸の2軸に対して直交する被検出軸周りの角速度によって振動体が検出軸方向に変位するときの変位量を検出する変位検出手段とから構成してなる角速度検出装置において、補正信号を印加することにより前記振動体を検出軸方向に補正振動させる補正振動発生手段を設けたことを特徴とする角速度検出装置。

【請求項2】 前記補正振動発生手段に印加される補正信号は、振動発生手段に印加される駆動信号と同一の周波数を有すると共に、該駆動信号とで位相の異なる信号としてなる請求項1記載の角速度検出装置。

【請求項3】 前記変位検出手段からの検出信号によって角速度が加わっていないと判定したときに、補正信号を入力することにより前記振動体を検出軸方向に変位させ、このときの補正信号と前記振動体の検出軸方向の変位との関係から、前記振動体が正常に動作しているか否かを判定する自己診断手段を設けてなる請求項1または2記載の角速度検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば回転体に加わる角速度を検出するのに用いて好適な角速度検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、角速度検出装置は、X軸、Y軸、Z軸の3軸方向において、振動体をある振動軸方向に振動させた状態で、被検出軸となるZ軸の周りに回転力を加えると、振動体にコリオリ力（慣性力）が作用して該振動体は検出軸となるY軸方向に振動する。そして、このコリオリ力による振動体のY軸方向の変位を圧電体が発生する電荷もしくはそれに伴う電圧、静電容量等の変化として検出するのが角速度検出装置である。その一例として特開平6-123632号公報（以下、従来技術という）等に記載された角速度検出装置が知られている。

【0003】 そこで、図7および図8により、従来技術による角速度検出装置によって説明する。

【0004】 図中、1は従来技術による角速度検出素子、2は該角速度検出素子1の本体をなす矩形形状に形成された基板をそれぞれ示し、該基板2は例えば高抵抗なシリコン材料によって形成されている。

【0005】 3は基板2上にP、B、Sb等がドーピングされた低抵抗なポリシリコンまたは単結晶シリコン等によって形成された可動部を示し、該可動部3は基板2の四隅に位置して該基板2上に設けられた4個の支持部

4、4、…と、該各支持部4から中央部に向け、X軸と平行になる部分とY軸と平行になる部分を有するようにL字状に折曲して形成された4本の支持梁5、5、…と、該各支持梁5によってX軸とY軸方向に変位可能に支持され、前記基板2の表面から離間した状態で支持された矩形形状の振動体6とからなっている。そして、X軸方向となる該振動体6の左、右両側面には、複数の電極板7A、7A、…（4本）をくし状に配設した可動側振動用電極7、7が突出形成され、Y軸方向となる前、後両側面には複数の電極板8A、8A、…（4本）をくし状に配設した可動側検出用電極8、8が突出形成されている。

【0006】 そして、可動部3は各支持部4のみが基板2に固着され、各支持梁5と振動体6は前記基板2から所定間隔を離間した状態で4点支持されている。また、各支持梁5はL字状に形成されているから、Y軸に平行な部分を損壊することにより振動体6をX軸方向に変位させ、X軸に平行な部分を損壊することにより振動体6をY軸方向に変位させることができる。

【0007】 9、9は振動体6を左、右両側で挟むように基板2上に設けられた一対の固定側振動用電極を示し、該各固定側振動用電極9は振動体6の左、右に位置して基板2上に設けられた固定部9A、9Aと、前記可動側振動用電極7の各電極板7Aと隙間をもって対面するように、該各固定部9Aからくし状に突出形成された4本の電極板9B、9B、…とからなる。

【0008】 10、10は振動体6を前、後両側で挟むように基板2上に設けられた一対の固定側検出用電極を示し、該各固定側検出用電極10は振動体6の前、後に位置して基板2上に設けられた固定部10A、10Aと、前記可動側検出用電極8の各電極板8Aと隙間をもって対面するように、該各固定部10Aからくし状に突出形成された4本の電極板10B、10B、…とからなる。

【0009】 11、11は振動発生手段となる振動発生部を示し、該各振動発生部11は可動側振動用電極7と固定側振動用電極9とから構成され、該可動側振動用電極7の各電極板7Aと、固定側振動用電極9の各電極板9Bとの間にはそれぞれ等しい隙間が形成されている。ここで、各可動側振動用電極7と各固定側振動用電極9との間に逆位相となる周波数 f の駆動信号を印加すると、左、右に位置した各電極板7A、9B間には静電引力が交互に発生し、各振動発生部11で接近、離間を交互に繰返す。これによって、振動体6はX軸をなす矢示a方向に振動するようになっている。

【0010】 12、12は変位検出手段となる変位検出部を示し、該各変位検出部12は可動側検出用電極8と固定側検出用電極10とからなり、該可動側検出用電極8の各電極板8Aと、固定側検出用電極10の各電極板10Bとの間にはそれぞれ隙間寸法 d_0 が形成され、該

検出用電極8, 10は検出用の平行平板コンデンサとして構成され、該各変位検出部12は各電極板8A, 10B間の有効面積の変化を静電容量の変化として検出する。

【0011】このように構成される角速度検出素子1においては、各振動発生部11に逆位相となる周波数 f の駆動信号を印加すると、各電極板7A, 9B間には静電引力が左、右の振動発生部11, 11に対して交互に作用し、振動体6はX軸となる矢示a方向に接近、離間を繰り返して振動する。

【0012】この状態で角速度検出素子1にZ軸周りの角速度 Ω が加わると、Y軸方向にコリオリ力(慣性力)が発生して振動体6をY軸方向に下記の数2に示すようなコリオリ力Fで振動する。

【0013】ここで、各振動発生部11によって振動体6をX軸方向に移動させる変位 x とその速度 V は、次の数1ようになる。

【0014】

$$【数1】x = A \sin(\omega t)$$

$$V = A\omega \cos(\omega t)$$

ただし、A: 振動体6の振幅

$$\omega: \omega = 2\pi f$$

f: 駆動信号の周波数

【0015】さらに、振動体6をX軸方向に変位 x 、速度 V で振動させたときに、Z軸周りに加わる角速度 Ω から発生するY軸方向のコリオリ力Fは数2のようになる。

【0016】

【数2】

$$F = 2m\Omega V$$

$$= 2m\Omega \times [A\omega \cos(\omega t)]$$

【0017】そして、振動体6は数2のコリオリ力FによってY軸方向に振動し、この振動体6による振動変位を、各変位検出部12では可動側検出用電極8と固定側検出用電極10との間の静電容量の変化として検出し、Z軸周りの角速度 Ω を検出することができる。

【0018】なお、各振動発生部11は、各電極板7Aからなる可動側振動用電極7と、各電極板9Bからなる固定側振動用電極9とによって構成しているため、振動用電極7, 9間の対面する有効面積を大きく確保することができる。これにより、各振動発生部11に駆動信号を印加したときには、各電極板7A, 9B間に発生する静電引力を大きくして振動体6を矢示a方向に大きく振動させる。

【0019】一方、各変位検出部12は、各電極板8Aからなる可動側検出用電極8と、各電極板10Bからなる固定側検出用電極10とによって構成しているため、検出用電極8, 10間の対面する有効面積を大きくできる。これにより、各変位検出部12によってY軸方向に変位する振動体6の変位量を、各電極板8A, 10B間

の有効面積の変化、即ち静電容量の変化として検出することができる。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来技術による角速度検出素子1では、Z軸周りの角速度 Ω によって生じるコリオリ力は非常に小さく、Y軸方向の共振を利用して大きな変位を発生させる必要がある。一方、コリオリ力を大きくするためには、数2からも分かるように、振動時の速度 V を大きくする必要があるために、X軸方向の共振周波数付近の周波数を駆動信号の周波数として利用している。従って、検出軸となるY軸方向の振動条件にあっても共振周波数に近い状態にすることが感度を高める上で必要である。

【0021】しかし、このように検出方向の共振周波数と駆動方向の共振周波数とを近づけると、駆動信号の一部が基板2等の寄生容量を介して検出方向に漏れる(所謂、クロストーク)。そして、この漏れた駆動信号は各変位検出部12に印加され、可動側検出用電極8と固定側検出用電極10との間に静電引力が発生し、角速度 Ω が作用していない状態であっても振動体6に振動(以下、漏れ振動という)が現れ、ノイズの原因となるという問題がある。

【0022】本発明は上述した従来技術の問題に鑑みながら、本発明はノイズの原因となる成分を除去し、角速度の検出精度を高めることのできる角速度検出装置を提供することを目的としている。

【0023】

【課題を解決するための手段】ここで、本発明による角速度検出装置は、基板上に設けられ、互いに直交する振動軸と検出軸との2軸方向に変位可能な振動体と、駆動信号を印加することにより該振動体を振動軸方向に振動させる振動発生手段と、該振動発生手段によって前記振動体を振動軸方向に振動させた状態で、前記振動軸と検出軸の2軸に対して直交する被検出軸周りの角速度によって振動体が検出軸方向に変位するときの変位量を検出する変位検出手段とから構成される。

【0024】そして、上述した課題を解決するために、請求項1の発明が採用する構成の特徴は、補正信号を印加することにより前記振動体を検出軸方向に補正振動させる補正振動発生手段を設けたことにある。

【0025】上記構成により、被検出軸周りに角速度が加わっていないときに、振動発生手段に印加される駆動信号の影響によって振動体が検出軸方向に変位する漏れ振動が発生した場合でも、補正振動発生手段に補正信号を印加して振動体の漏れ振動に対向した補正振動を発生させ、検出軸方向の振動体の漏れ振動を抑えることができる。

【0026】請求項2が採用する発明では、補正振動発生手段に印加される補正信号は、振動発生手段に印加される駆動信号と同一の周波数を有すると共に、該駆動信

号として位相の異なる信号としたことにある。

【0027】上記構成のように、被検出軸周りに角速度が加わっていないときに、振動体に発生する漏れ振動は振動発生手段に印加される駆動信号によって発生しているから、駆動信号と同一の周波数で位相の異なる補正信号を補正振動発生手段に入力することにより振動体に発生する補正振動によって漏れ振動を相殺することができる。

【0028】請求項3が採用する発明では、変位検出手段からの検出信号によって角速度が加わっていないと判定したときに、補正信号を入力することにより前記振動体を検出軸方向に変位させ、このときの補正信号と前記振動体の検出軸方向の変位との関係から、前記振動体が正常に動作しているか否かを判定する自己診断手段を設けたことにある。

【0029】上記構成のように、角速度が加わっていないと判定したときに、振動体は補正振動発生手段に入力される補正信号により検出軸方向に変位し、この変位は変位検出手段によって検出される。そして、自己診断手段では、この振動体の検出軸方向の変位が、予め設定された振動体が正常であるときの変位の範囲内にあるか否かを判定し、振動体が正常に動作しているか否か自己診断を行うことができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明による実施の形態を添付図面に従って詳細に説明するに、図1ないし図6は本発明による実施例を示す。

【0031】なお、実施の形態では前述した従来技術と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0032】まず、図1ないし図4は本発明による第1の実施例を示すに、21はこの実施例による角速度検出装置をなす角速度検出素子。22は該角速度検出素子21の本体をなす矩形状に形成された基板をそれぞれ示し、該基板22は例へば高抵抗なシリコン材料によって形成されている。

【0033】23は基板22上にP、B、Sb等がドーピングされた低抵抗なポリシリコンまたは単結晶シリコン等によって形成された可動部を示し、該可動部23は従来技術による可動部3とはほぼ同様に、基板22の四隅に位置して該基板22上に設けられた4個の支持部24、24、…と、該各支持部24から中央部に向け、X軸と平行になる部分とY軸と平行になる部分を有するようにS字状に折曲して形成された4本の支持梁25、25、…と、該各支持梁25によってX軸とY軸方向に変位可能に支持され、前記基板22の表面から離間した状態で支持された矩形状の振動体26とからなっている。そして、X軸方向となる該振動体26の左、右両側面の後側には、複数の電極板27A、27A、…(5本)をくし状に配設した可動側振動用電極27、27が突出形成さ

れ、該振動体26の左、右両側面の前側には、複数の電極板28A、28A、…(4本)をくし状に配設した可動側振動用電極28、28が突出形成されている。さらに、Y軸方向となる前、後両側面には複数の電極板29A、29A、…(4本)をくし状に配設した可動側補正振動用電極29、29が突出形成されている。

【0034】そして、可動部23は各支持部24のみが基板22に固着され、各支持梁25と振動体26は前記基板22から所定間隔を離間した状態で4点支持されている。また、各支持梁25はS字状に形成されているから、Y軸に平行な部分を損なえることにより振動体26をX軸方向に変位させ、X軸に平行な部分を損なえることにより振動体26をY軸方向に変位させることができる。

【0035】30、30は振動体26の左、右両側の後側に位置して該振動体26を挟むように基板22上に設けられた一対の固定側振動用電極を示し、該各固定側振動用電極30は振動体26の左、右に位置して基板22上に設けられた固定部30A、30Aと、前記可動側振動用電極27の各電極板27Aと隙間をもって対面するように、該各固定部30Aからくし状に突出形成された6本の電極板30B、30B、…とからなる。

【0036】31、31は振動体26の左、右両側の前側に位置して該振動体26を挟むように基板22上に設けられた一対の固定側検出用電極を示し、該各固定側検出用電極31は振動体26の左、右に位置して基板22上に設けられた固定部31A、31Aと、前記可動側振動用電極28の各電極板28Aと隙間をもって対面するように、該各固定部31Aからくし状に突出形成された4本の電極板31B、31B、…とからなる。

【0037】32、32は振動体26の前、後両側に位置して該振動体26を挟むように基板22上に設けられた一対の固定側補正振動用電極を示し、該各固定側補正振動用電極32は振動体26の前、後に位置して基板22上に設けられた固定部32A、32Aと、前記可動側補正振動用電極29の各電極板29Aと隙間をもって対面するように、該各固定部32Aからくし状に突出形成された5本の電極板32B、32B、…とからなる。

【0038】33、33は振動発生手段となる振動発生部を示し、該各振動発生部33は可動側振動用電極27と固定側振動用電極30とから構成され、該可動側振動用電極27の各電極板27Aと、固定側振動用電極30の各電極板30Bとの間にはそれぞれ等しい隙間が形成されている。ここで、各可動側振動用電極27と各固定側振動用電極30との間に位相異なる所定周波数 f の駆動信号 V_d を印加すると、左、右に位置した各電極板27A、30B間には静電引力が交互に発生し、各振動発生部33で接近、離間を交互に繰り返す。これによって、振動体26はX軸をなす矢 a 方向に振動するようになっている。

【0039】34、34は変位検出手段となる変位検出部を示し、該各変位検出部34は可動側検出用電極28と固定側検出用電極31とからなり、該可動側検出用電極28の各電極板28Aと、固定側検出用電極31の各電極板31Bとの間にはそれぞれ隣り合った隙間寸法が異なって形成され、該検出用電極28、31は検出用の平行平板コンデンサとして構成され、該各変位検出部34は各電極板28A、31B間の有効面積の変化を静電容量の変化として検出する。

【0040】35、35は補正振動発生手段となる補正振動発生部で、該各補正振動発生部35は可動側補正振動用電極29と固定側補正振動用電極32とからなり、該可動側補正振動用電極29の各電極板29Aと、固定側補正振動用電極32の各電極板32Bとの間にはそれぞれ等しい隙間が形成されている。ここで、各可動側補正振動用電極29と各固定側補正振動用電極32との間に駆動信号Vdと同一の周波数を有する補正信号Vrを入力して各電極板29A、32B間に静電引力を交互に発生させることにより、振動体26をY軸方向に補正振動させることができる。

【0041】次に、図3に基づいて角速度検出素子21に付加される電気回路の構成について述べる。

【0042】図3中、36は駆動回路を示し、該駆動回路36は所定周波数の正弦波を発生する発振器と正弦波の振幅を調整する増幅回路によって構成されている。ここで、周波数fの駆動信号Vdを振動発生部33に印加する。印加された駆動信号Vdは、振動発生部33をなす可動側振動用電極27と固定側振動用電極30とに作用し、各電極板27A、30B間の静電引力によって振動体26を振動軸(X軸)方向に振動させる。なお、駆動回路36は、駆動信号Vdの振幅を調整することにより、振動体26の振動軸方向の振幅を調整することができる。

【0043】37は変位量検出回路で、該変位量検出回路37は、振動体26の検出軸(Y軸)方向の変位、即ち変位検出部34をなす可動側検出用電極28と固定側検出用電極31との隙間寸法の変化を静電容量の変化として検出し、この検出信号を電圧変換するものである。

【0044】38は角速度信号変換回路を示し、該角速度信号変換回路38の入力側には駆動回路36と変位量検出回路37とが接続され、駆動回路36から出力される駆動信号Vdと変位量検出回路37から出力される検出信号とに基づいて位相のずれ等を修正して角速度Ωに対応した出力信号Voとして外部に出力する。

【0045】39は補正駆動回路を示し、該補正駆動回路39は後述するオフセット調整回路40から出力される信号により周波数fで位相をずらした補正信号Vrを補正振動発生部35に印加するものである。また、該補正振動発生部35に入力される補正信号Vrは、当該角速度検出装置の出荷前の最終工程で、振動体26を振動

軸(X軸)方向に振動させた状態で被検出軸(Z軸)周りに角速度を加えていない状態のときに、検出軸(Y軸)方向に発生する振動体26の漏れ振動の振幅と反転した波形となる。

【0046】40はオフセット調整回路で、該オフセット調整回路40は位相調整回路、振幅調整回路等からなり、該オフセット調整回路40は前記駆動回路36との間で信号の送受信を行うと共に、前記補正駆動回路39に向けて信号を出力するものである。また、該オフセット調整回路40は可変抵抗や可変コンデンサ等の調整手段により構成され、該オフセット調整回路40は、最終工程において振動体26を振動軸(X軸)方向に振動させた状態で被検出軸(Z軸)周りに角速度を加えていない状態のときに、角速度信号変換回路38から出力される出力信号Voをモニターし、該出力信号Voが零となるように補正信号の位相差と振幅とを調整手段により設定するものである。

【0047】本実施例による角速度検出装置は角速度検出素子21と前述した電気回路によって構成されるもので、その基本的動作は、駆動回路36から振動発生部33に駆動信号Vdを印加することにより、振動体26を振動軸となるX軸方向に矢示aのように振動させ、該振動体26を振動軸方向に振動させた状態で、被検出軸となるZ軸の周りに角速度Ωを加えると、振動体26はコリオリ力Fによって検出軸となるY軸方向に振動する。そして、この振動体26による検出軸方向の振動変位を、各変位検出部34をなす可動側検出用電極28と固定側検出用電極31との間の静電容量の変化として検出し、この検出信号を変位量検出回路37、角速度信号変換回路38を介して角速度Ωに対応した出力信号Voとして出力することができる。

【0048】次に、振動体26の振動動作について考える。一般に、2軸方向の変位を利用する場合には、そのモデルとして図4に示すように図示できる。即ち、振動体26は、振動軸方向であるX軸方向には、ばね定数が $k_x/2$ となる2個のばねで支持され、検出軸方向であるY軸方向には、ばね定数が $k_y/2$ となる2個のばねで支持されている。

【0049】そして、本実施例では、前述したように、各振動発生部33に周波数fの正弦波となる駆動信号Vdを印加することにより、振動体26は振動軸(X軸)方向に振動され、この正弦波状の振動を行った状態で、Z軸周りの角速度Ωが加わると、コリオリ力によって該振動体26は検出軸(Y軸)方向に変位する。

【0050】しかし、従来技術の課題でも述べたように、振動体26にはZ軸周りの角速度Ωが加わっていないにも拘らず、漏れ振動によって振動体26がY軸方向に変位しているから、これらの動作を運動方程式で表すと、X軸方向の運動方程式は数3のようになる。

【0051】

【数3】

$$m\ddot{x} + c_x \dot{x} + k_x x + 2m\Omega \dot{y} = F_x \exp(j\omega t)$$

ただし、 c_x : X軸方向の減衰係数 F_x : X軸方向の駆動力の大きさ

$$m\ddot{y} + c_y \dot{y} + k_y y - 2m\Omega \dot{x} = F_y \exp[j(\omega t + \phi)]$$

ただし、 c_y : Y軸方向の減衰係数 F_y : Y軸方向の駆動力の大きさ ϕ : X軸方向の駆動力とY軸方向の実効的な駆動力の位相差

【0054】ここで、前記数3、4中の Ω が積算される項がコリオリ力の影響を受けている項で、振動体26がX軸方向に正確に振動されていれば振動エネルギーの漏れがないため、Y軸方向の駆動力の大きさ F_y は零となる。しかし、従来技術で述べたように、実際には漏れ振動の影響によって F_y は有限な値となっているから、出力信号 V_0 のS/N比を低下させると共に、温度ドリフト等のノイズが重畳されてしまう。

【0055】次に、補正振動発生部35から補正振動を加えた場合の振動体26のY軸方向の変位 Y は、前記数3、4から数5のように導き出される。

【0056】

$$\text{【数5】 } Y = \alpha F_x \Omega \cos(\omega t + \phi_1) + \beta F_y \cos(\omega t + \phi_2) + \gamma \Delta F \cos(\omega t + \phi_3)$$

【0057】なお、それぞれの項の α 、 β 、 γ は、数3、4に示された係数と ω によって表すことができるから、略して係数 α 、 β 、 γ としている。また、 ϕ_1 と ϕ_2 についても同様の変数として表され、 ϕ_3 はY軸方向の駆動力の位相にも依存している。また、数5中の変位 Y は、振動体26のY軸方向の変位 y と出力信号 V_0 に含まれる回路中の誤差も考慮されたもので、当該角速度検出装置から出力される出力信号 V_0 と角速度 Ω について示したものである。

【0058】ここで、数5について説明すると、第1項は、コリオリ力によって振動体26がY軸方向に変位する変位量で、他の第2項、第3項が零でこの第1項のみであれば、誤差のない角速度 Ω に対向した変位 Y として検出することができる。

【0059】次に、第2項は、基板22の寄生容量から生じるリークによる振動分であり、角速度検出素子21の機械的構造、電気回路の構造によって決まる不変的なものである。

【0060】また、第3項は、補正振動発生部35によって発生する振動体26の補正振動であり、この第3項から該補正振動発生部35に印加される補正信号 V_r は数6のようになる。

【0061】

$$\text{【数6】 } V_r \propto \Delta F \cos(\omega t + \phi_3)$$

【0062】従って、補正駆動回路39から補正振動発生部35に印加される補正信号 V_r は、駆動信号 V_d と同一の周波数 f で ΔF と ϕ_3 とを調整可能、即ち振幅と

【0052】また、Y軸方向の運動方程式は数4のようになる。

【0053】

【数4】

$$F_y \exp[j(\omega t + \phi)]$$

位相差が調整可能となる。この結果、補正信号 V_r を調整することにより、数5中の第2項と第3項を相殺することができ、数5は第1項のコリオリ力による検出方向のみの変位となる。

【0063】然るに、本実施例による角速度検出装置では、該角速度検出装置を構成する角速度検出素子21において、各振動発生部33に印加する駆動信号 V_d とは別個の補正信号 V_r を各補正振動発生部35に印加することにより、Z軸周りの角速度 Ω の有無に拘らず振動体26を検出軸方向に補正振動を発生させるようにしたから、振動体26の検出軸方向に生じる漏れ振動を補正振動によって抑制することができる。

【0064】また、補正信号 V_r の調整においては、当該角速度検出装置の最終工程において、駆動回路36から各振動発生部33に駆動信号 V_d を印加し、振動体26を振動方向に振動させた状態で、被検出軸周りに角速度 Ω を加えていないときの振動体26の漏れ振動を角速度信号変換回路38からの出力信号 V_0 でモータリフット、オフセット調整回路の調整手段を調整して出力信号 V_0 を零にするように、補正信号 V_r の振幅と位相差を設定する。

【0065】これにより、振動体26の漏れ振動を各補正振動発生部35から振動体26に加わる補正振動によって相殺でき、漏れ振動を抑制することができ、角速度 Ω が加わっていないときに、振動体26を振動軸方向にのみ振動させることができる。また、振動体26に発生する漏れ振動を抑える補正振動の調整を、角速度信号変換回路38からの出力される出力信号 V_0 に基づいて設定するようにしたから、角速度検出素子21に付加された回路から生じる誤差分も除去することができる。この結果、被検出軸(Z軸)周り角速度 Ω を加えたときには、この角速度 Ω によるコリオリ力によってのみ振動体26を検出軸方向に振動させることができ、角速度 Ω を正確に検出して検出感度を高めることができる。

【0066】また、前記各補正振動発生部35に印加される補正信号 V_r は駆動信号 V_d と同一周波数で振幅と位相差が異なった正弦波とすることにより、前記数5に示したように、漏れ振動を確実に相殺することができる。

【0067】かくして、本実施例による角速度検出装置では、補正振動発生部35に補正信号 V_r を印加して、振動体26に補正振動を発生させることにより、振動体26に生じる漏れ振動を相殺するようにしたから、被検出軸周りの角速度 Ω を正確に検出して装置の信頼性を高めると共に、各角速度検出装置毎に、補正振動を設定す

るようにしたから、角速度検出素子21毎の製造誤差等によるバラツキを防止し、歩留を向上させることができる。

【0068】また、本実施例では、振動体26に発生する漏れ振動を、該振動体26が振動状態にあるときに除去するようにしたから、振動体26の漏れ振動による検出軸方向への変位が各変位検出部34で検出されるのを防止でき、出力信号V_oを補正する外部回路を不要にできる。

【0069】次に、図5および図6に本発明による第2の実施例を示すに、本実施例の特徴は、角速度が加わっていないときに、所定の補正信号を入力することにより検出軸方向に振動体を変位させ、このときの補正信号と変位との関係から振動体26が正常に動作しているか否かを判定する自己診断機能を持たせたことにある。

【0070】なお、前述した第1の実施例と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0071】図中、41は自己診断に使用される疑似信号発生回路で、該疑似信号発生回路41の出力側は駆動回路36、角速度信号変換回路38、オフセット調整回路40および補正駆動回路39に接続され、入力側には外部のコントロールユニット（図示せず）から自己診断信号V_tが入力される。また、自己診断信号V_tが疑似信号発生回路41に入力されると、該疑似信号発生回路41からは補正駆動回路39に信号を入力され、該補正駆動回路39からは直流電圧の所定の補正信号となる疑似信号V_fが補正振動発生部35に印加される。

【0072】42は装置判定回路を示し、該装置判定回路42の入力側には角速度信号変換回路38が接続され、出力側には表示器43が接続され、該装置判定回路42は図示しない減算回路、比較回路等から構成されている。なお、前記減算回路には疑似信号V_fに対応した出力信号V_{of}が設定され、比較回路には振動体26の動作が正常とみなすか否かの判定値 α が電圧値として設定されている。

【0073】次に、前記装置判定回路42の動作を、図6の自己診断処理の流れ図に従って説明する。

【0074】まず、ステップ1では、振動体26の検出軸方向の変位を量位検出回路37および角速度信号変換回路38を介して出力信号V_oとして装置判定回路42に読出し、ステップ2ではこの出力信号V_oがZ軸周りの角速度 Ω による変位に対応した信号であるか否かを判定し、「YES」の場合には、角速度 Ω が加わっているか加わらない状態になるまで、ステップ1、2の処理を繰返し、ステップ2で「NO」と判定した場合には、ステップ3に移る。

【0075】ステップ3では、外部のコントロールユニットから自己診断信号V_tが疑似信号発生回路41に入力され、該疑似信号発生回路41からは駆動回路36、

角速度信号変換回路38、オフセット調整回路40および補正駆動回路39に信号が入力される。そして、該補正駆動回路39からは補正振動発生部35に疑似信号V_fが入力され、振動体26は検出軸（Y軸）方向に変位する。

【0076】次のステップ4では、振動体26の検出軸方向の変位を、量位量検出回路37および角速度信号変換回路38を介して出力信号V_oとして装置判定回路42に出力する。

【0077】ステップ5では、装置判定回路42中の減算回路により、前記角速度信号変換回路38から出力された出力信号V_oから予め設定された疑似信号V_fの大きさに対する規定の出力信号V_{of}を減算して減算値 ΔV を得る。

【0078】さらに、ステップ6では、装置判定回路42中の比較回路によって、ステップ5で算出された減算値 ΔV が所定の範囲 α 内にあるか否かを判定し、このステップ6で「YES」と判定した場合には、ステップ7に移り、ステップ7では、振動体26が正常に動作しているとして表示器43で「良好」を表示する。

【0079】一方、ステップ6で「NO」と判定した場合には、ステップ8に移り、ステップ8では振動体26の動作が不良であるとして表示器43によって「不良」を表示する。

【0080】このように、本実施例では、Z軸周りにコリオリ力 Ω が加わっていないときに、補正振動発生部35に疑似信号V_fを印加し、振動体26をY軸方向に変位させ、コリオリ力が発生したときと同じ状態をつくり出す。そして、角速度検出素子21の振動体26の変位に対する異常を診断することができる。

【0081】しかも、本実施例による自己診断は、角速度検出装置を例えばナビゲーション装置等に接続した後に、該ナビゲーション装置のコントロールユニットによってステップ1、2の角速度 Ω が加わっていない状態の判定をしてもよく、この場合には、前記自己診断信号V_tによって自己診断を自動的に実行させることもでき、角速度検出装置の信頼性を大幅に高めることができる。

【0082】かくして、本実施例によれば、振動体26を検出軸方向に変位させる補正振動発生部35を設けることにより、疑似信号V_fによって振動体26を検出軸方向に変位させ、角速度検出素子21の異常を判定することができる。

【0083】なお、前記各実施例の角速度検出素子21では、図2に示すように、振動体26の前、後に補正振動発生部35、35を設け、振動体26の左、右に変位検出部34、34を設けるようにした。本発明はこれに限らず、振動体26の前、後に位置した各補正振動発生部35を構成する可動補正振動用電極29と固定側補正振動用電極32によって変位検出部を構成し、振動体26の左、右に位置した各変位検出部34を構成する

可動側検出用電極28と固定側検出用電極31によって補正振動発生部を構成するようにしてもよい。

【0084】また、前記各実施例では、振動軸と検出軸は振動体26の水平方向の2軸となるX軸、Y軸としたが、本発明はこれに限るものではなく、振動軸をX軸、被検出軸をY軸、検出軸をZ軸としても、振動軸をZ軸、被検出軸をY軸、検出軸をX軸としてもよく、この場合には変位検出手段、補正振動発生手段または振動発生手段を振動体26と基板22との間に設ければよい。

【0085】

【発明の効果】以上詳述した如く、請求項1の本発明によれば、振動体を検出軸方向に補正振動させる補正振動発生手段を設け、被検出軸周りに角速度が加わっていないときに、振動発生手段に印加される駆動信号の影響によって振動体が検出軸方向に変位する濡れ振動が発生した場合でも、前記補正振動発生手段に補正信号を印加して検出軸方向の振動体の濡れ振動を抑えることができ、被検出軸周りに加わる角速度の検出感度を高めることができる。

【0086】請求項2の発明では、補正振動発生手段に印加される補正信号は、駆動信号と同一の周波数で位相の異なる信号とすることにより、振動発生手段から漏れた駆動信号によって振動板に生じる濡れ振動を相殺して抑制することができる。

【0087】請求項3の発明では、角速度が加わっていないときに補正振動発生手段に所定の補正信号を入力することにより、振動体は検出軸方向に変位する。そして、この検出軸方向の振動体の変位を変位検出手段によって検出し、自己診断手段では、この変位が予め設定された振動体の動作が正常であるとみなす判定範囲内にあるか否かを判定することにより、振動体の動作が正常であるか否かの自己診断を行うことができ、装置の信頼性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例による角速度検出装置を構成する角速度検出素子を示す斜視図である。

【図2】第1の実施例による角速度検出素子を上側から見た平面図である。

【図3】第1の実施例による角速度検出装置の全体構成を示すブロック図である。

【図4】振動体の振動状態をモデルによって示す説明図である。

【図5】第2の実施例による角速度検出装置の全体構成を示すブロック図である。

【図6】第2の実施例による自己診断処理を示す流れ図である。

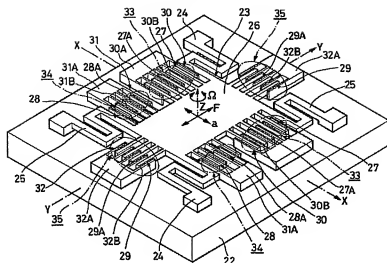
【図7】従来技術による角速度検出素子を示す斜視図である。

【図8】従来技術による角速度検出素子を上側から見た平面図である。

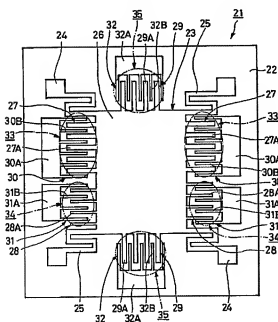
【符号の説明】

- 21 角速度検出素子
- 22 基板
- 23 可動部
- 26 振動体
- 27 可動側振動用電極
- 28 可動側検出用電極
- 29 可動側補正振動用電極
- 30 固定側振動用電極
- 31 固定側検出用電極
- 32 固定側補正振動用電極
- 33 振動発生部（振動発生手段）
- 34 変位検出部（変位検出手段）
- 35 補正振動発生部（補正振動発生手段）
- 36 駆動回路
- 37 変位量検出回路
- 38 角速度信号変換回路
- 39 補正駆動回路
- 40 オフセット調整回路
- 41 疑似信号発生回路
- 42 装置判定回路

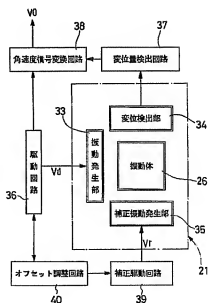
【図1】



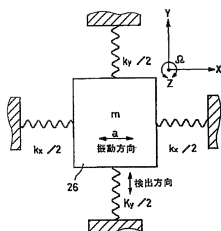
【図2】



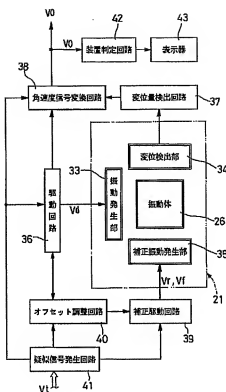
【図3】



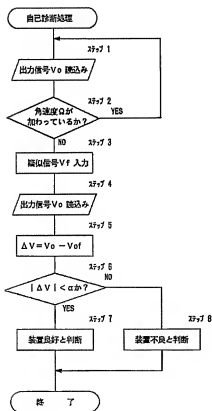
【図4】



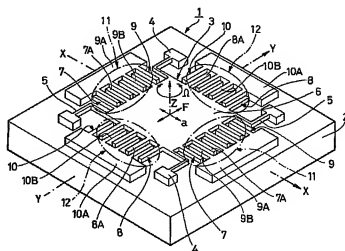
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

